A Study of Reading Comprehension in English for Science and Technology (EST): Schema Theory and Salient Linguistic Features

HIGUCHI Akihiko
higuti@edu.kagoshima-u.ac.jp

科学技術英文読解の一考察－スキーマ理論と言語的諸特徴－

樋　口　晶　彦*

（2013 年 10 月 22 日　受理）

Abstract

This study deals with reading comprehension of English for Science and Technology (EST), discussing salient linguistic features in bottom-up reading processes in Schema Theory. This study particularly discusses tense distinction in EST being different from those found in general English. EST writers, more often than not, compose their study articles, experiments, and reports using by these features. They are discussed and illustrated in manuals in Mechanical Engineering and academic articles in Civil Engineering. These features include ‘special uses of the definite article’, ‘the simple present’, ‘the simple past’, ‘the use of the passive without agents’, ‘the future tense’, ‘the present perfect’, ‘the present perfect continuous’ ‘the progressive’ and ‘the personification: anthropomorphic structure’. Some typical patterns of paragraph development in EST are also shown in this study along with examples of salient words and phrases used in the patterns. The salient features in tense distinction and paragraph developments in EST should be understood by EST learners in advance of reading texts. These features exist as linguistic components in bottom-up processes in Schema Theory. In so doing, the reading comprehension of EST will be much more effective and successful for EST readers.

Key words: EST,　Schema Theory,　General English,　tense distinction,　authentic manuals,　paragraph developments,　linguistic components,　bottom-up process,

1. 緒言

本稿は、2013 年 7 月 6 日の JACET（大学英語教育学会）第 26 回九州・沖縄支部研究大会の口頭発表に基づいた科学技術英語読解の一考察である。EST（English for Science and Technology: 科学技術英語）の読解プロセスをスキーマ理論に置いて効果的な EST 読解の指導法を考察する。特にボトムアッププロセスに着目した場合、何をその言語的要素として指導するのか、単なる EST のレジスター分析だけではなく、EST における時制 (Tense distinction) の使い方にも着目すべきこと。さらに EST のパラグラフの展開にも着目すべきことを実際の EST の取り扱い説明書 (Manual) や EST の中の土木工学 (Civil Engineering) の研究論文などから考察することにする。

EST には一般英語とは明らかな相違が存在する。例えば、時制の使用においてもこれらの

* 鹿児島大学教育学部　教授

違いは見られる。EST で使う英文には作成目的に応じて様々な種類が存在し、それらは、科学技術論文（発表報文･レビュー)、業務報告レポート、特許明細書、マニュアル（取扱説明書･手順説明書・仕様書)、教科書、解説書、その他（議事録・手紙）など形式に違いがあるだけでなく、文の構造や言い回し、使用される語彙にもそれぞれの特徴が存在する。EST の文や文章は、正確さや論理性が重要になるために、使用される語句の選択にあたっては誤解を生む曖昧さの少ないもの、即ち一般的に意味が定まっている表現や、定義済みの専門用語が選択される。特に文節や文同士がどのような意味関係でつながっているかという論理性確保の上で重要な点には留意しなければならない。この点に関しては後述する 7 種類の連結語句を意識的に使用することが肝要である。多少煩雑でも、Therefore, If so…, As a result, などつながりの種類を表現する接続詞や副詞、副詞句を、文節や文の先頭に（または先頭近くへの挿入句として）置く必要がある。内部に複数の文節を含む文（複文）が多用されるのもこの目的を達成しようとするためであると考えられる。

EST には機械工学 (Mechanical Engineering)、電気工学 (Electronic Engineering)、土木工学 (Civil Engineering)、情報工学 (Information Engineering) などの様々なジャンルが存在する。それぞれのジャンルにおいて使用されている略語や専門語句は、一般英語とは異なるものが多い。問題はそれ以上に EST の読解においては、一般英語の文法事項で一般に理解されているような知識では正しく正確に英文を理解できないことが少なくないのが現実である。それは、EST において書かれた英文、学術論文の時制の取り扱い方が、それらの英文の書き手によって一般英語とは異なることや、冠詞や、助動詞の特殊な用法を理解しておくことが必要不可欠だからである。本研究は、読解のプロセスをスキーマ理論に位置づけて EST の効果的な読解指導を考察することにする。

2. スキーマ理論

スキーマ理論は Bartlett (1932) により最初に提唱された研究を基にして米国の Rumelhart (1980) や Anderson (1980) などによって北米の国語教育である英語教育の読解の研究として始まった。その後、この理論は広く ESL, EFL の分野においても実験や研究を通して英語教育に応用されるようになった。Rumelhart (ibid) によると、人間の頭脳にはそれぞれの人間の持つ知識、経験などがスキーマと呼ばれる構造的知識群として記憶されていて、あらゆる認知活動に関与していると考えられている。スキーマ理論によれば、読解のプロセスはトップ・ダウンとボトム・アップの双方のプロセスが相互作用を通してテクストに書かれた内容を再構築していくというものでおおよそ次のように考えられている。トップ・ダウンの読み方において、読み手はテクストの文字、語句から得られる情報を自分の持つ既得の情報（内容スキーマ）に照らしてテクストに書かれている内容についての大まかな予想を立てる。従って内容スキーマには語句に関する知識、トピックに関する背景的知識、予測力など非言語的要素が考えられる。

一方､ボトム･アップの読み方では､読み手はテクストの文字､語句の意味､文法の知識（統語､

修辞的展開、文脈）など既得の情報（形式スキーマ）に照らしてテクストに書かれている内容を確認したり修正したりしていく読み方である。これらのスキーマはトップ・ダウンの内容スキーマとは異なり、言語的な要素である形式スキーマである。スキーマ理論による読解のプロセスは、トップ・ダウン、ボトム・アップの相互作用によるインタラクティヴなリーディングと考えられていて、どちらか一方に片寄った読み方をするわけではない。トップ・ダウンに片寄れば、予測に頼りすぎて重要な言語的情報を見逃して誤った理解へと繋がったりするし、逆にボトム・アップに片寄りすぎるとテクストの各部を関連付ける情報処理が遅くなり正確な理解を妨げることになると考えられている。このように、トップ・ダウン、ボトム・アップの双方のプロセスを統合したインタラクティヴなリ－ディングが読解のプロセスとして考えられて今日に至っている。EST（科学技術英語）の読解のプロセスを以下のように考えてみた。

[Process of Reading Comprehension in English for Science and Technology (EST)]

Top-down process → Top-down Schemata
knowledge on words（語に関する知識）
knowledge on topic/genre/expectancy（予測力）
background knowledge（背景的知識）

Interaction → Reconstruction of the text → Comprehension

Bottom-up process → Bottom-up Schemata
recognizing shapes（展開の形式）
knowledge of word & phrases' meaning（語句の意味）
linguistic feature in EST (article, the passive, 冠詞、受身）personification, modals, imperative,（擬人化、助動詞、命令文）
participial construction, EST paragraph developments（分詞構文、パラグラフ）

（江崎、樋口： 1995）

3. EST の文法事項 (Salient grammatical feature in EST)

EST の読解指導においてまず把握しておかねばならないことは EST における顕著な特徴を持つ文法事項である。特に代表的なものとして以下に示すような事項をあらかじめ理解しておくことが読解を効果的に導くものと考えている。

3.1 定冠詞の特殊用法 (Special uses in definite article)

以下のような場合、初出であっても定冠詞を使用する。

(a) The principle of relativity (相対性理論として一般に広く知られている)
(b) The recent presidential election（書き手と読み手との共通の認識である）
(c) The IBM 3000 （特定の機種である）
(d) The Komatsu D575A2（特定の機種、この場合はエンジンである）

さらに、以下のような取扱い説明書（取説）においては、本来ならば（　　）内に入るべき定冠詞を省略することが多い .

(Rubber plug method of tubeless tire repair)

1. *Remove ( ) puncturing object if still in the tire. ( ) Tire is not dismounted from the rim.*
2. *Fill ( ) tire with air to 30psi. Dip ( ) probe into ( ) cement, insert it into ( ) injury and work up and down to lubricate ( ) injury.*

(Trimble: 1985：121)

3.2 動作主を省いた受動態 (The passive without agents)

EST において頻繁に使用されるものの一つが動作主 (agent) を省いた受動態の使用である。以下の例文のように、動作主 (agent) の省略により読者の注意は話の中心、行為に向けられて文が客観的になり非個人的なものになる。

(a) *Metric units <u>are not used in measuring atoms.</u>*
(b) *Each piston <u>is provided with</u> a toroidal shaped combustion chamber where the fuel <u>is well mixed</u> to assure good combustion.*

3.3 擬人法 (Personification: Anthropomorphic Structure)

EST においては事実、経験、状況などを客観的に表現して抽象的概念に焦点を当てて表現する場合、人間以外の無生物を主語にした無生物主語の文が多く見られる。

(a) *<u>This paper describes</u> some factors influencing small turbocharger design and describes some techniques used in their development.*
(b) *<u>Use of electronics has shortened</u> the time between development and production.*

4. 時制の区別（Major tense distinctions in EST）

　EST の場合、書き手は時制を意識しておくことが肝要である。一般英語とは異なり時制に変化を持たせたりすることで後述するような書き手の（実験者の）評価を含めた価値判断を含ませることが出来るからである。まず、基本的な時制から見てみよう。

4.1 単純現在（The simple present tense）

特に一般的な記述の場合は、特定の時制を使用することなく単純現在で対応する。

(a) *‘The sun rises in the east and sets in the west.’*

(b) *‘Water boils at 100°C and freezes at 0°C.’*

他の場合として、記述する内容が書かれる時に「事実」でありさらに将来も無期限にそうである場合にも単純現在時制を使用する。以下に例文を示す。

‘ I recommend that we continue to use the lime reactant-agent in our desulfurization process’

(Huckin and Olsen, 1983: 441)

過去や未来の記述に言及しない限り、単純現在進行形は使用できる。しかし、以下のような例外も存在する。

‘....the simple present tense can use occasionally in an important contrastive way to indicate a generalization that is not restricted to the past or to the future. Such generalization often represent evaluative judgements or interpretations on the writer’s part and thus are crucially important to good writing.....’ ‘Many technical writers often fail to make interpretive statements when such statements are called for. This is because many technical people tend to think that they should report only the facts, then consequently they tend to use long sequences of past tense. They should not report only the facts but look for appropriate opportunities to make generalizations. For example, when the writer explains his/her experimental results by using diagrams, graphs, tables and figures, he/she can use the simple present tense, although the experiments were conducted at some specific time in the past.’

（ibid, 441-442)

このように、多くの技術者は、図やグラフ、図表などを使用して実験結果を表す場合単純過去形を多用して単なる事実を書く傾向が強い。しかし、そうした実験結果を表す場合、何らかの一般化を表す場合には、その実験が過去のある時になされたとしても、単純現在形を用いることで、その実験に何らかの一般化の意味合いを持たせることが出来る。

(a) ‘Table 1 clearly revealed this effect’

(b) ‘Table 1 clearly reveals this effect’

(c) ‘Strong exotherimic peaks were seen in the thermogram shown in Fig. 1’

(d) ‘Strong exothermic peaks are seen in the thermogram shown in Fig.1’

つまり、現在形を使用することで、単に実験結果を述べるに留まらず、書き手の判断を加えた evaluative judgement (opinion) を述べることが可能となる。例えば、土木工学学会の研究論文から以下のような例文を見ることができる。この実験結果から筆者の Muntoni (1996) は MSW compost がもたらす利点として以下の諸点を挙げている。

'...the use of MSW composts in landfills brings the following advantages:

(a) *'compost can act as buffering material enhancing waste stabilization and limiting clogging of leachate draining system'*

(b) *compost can decrease the content of some heavy metals in leachate under basic conditions…'*

(Muntoni et, al. 1996: 21)

過去のある時点における実験結果であろうと単純現在時制を使用することで書き手の、この場合、Muntoni (ibid) の実験結果に対する自信のある判断が読み取れる。換言すれば、こうした実験結果は他の誰かが行ったとしても同じ結果が得られることを筆者の時制の使用（この場合、単純現在）から考えられる。

4.2 単純過去（The simple past tense）

単純過去形は、過去のある時に起こったことに言及する場合に一般的に使用される。従って、EST においては何らかの実験が遂行され、それが報告される時には、書き手は通常単純過去を時制として使用する。以下の例文を土木工学会の論文より引用する。

'Six types of MSW composts were under experimentation in order to verify their possible utilization as daily, temporary and final covering'

'N and P content showed that composts could introduce nutrients into the landfill....'

例文のように単純過去を使用することで実験が過去のある時に行われてその結果が報告されている。しかし、もし書き手が何らかの評価的な判断をこれらの実験に加えたい時に、換言すれば、これらの実験や報告に書き手が何らかの自信を抱いていて、これらの実験や報告に何らかの価値判断を加えたいような時には過去形の代わりに単純現在形を使用する。

4.3 現在完了受動態 (The present perfect passive tense 1)

単純過去形が完了した行為に使用されるのに対して、現在完了受動態は過去において行為が始まりまだ進行中の受動態である (Ex1)。従って何か研究が過去において始まり、まだ進行中の受け身の場合、現在完了受動態を使用する。さらに、何かの研究が過去に始まり現在でも何か効果を生み出しているような受け身の場合も現在完了受動態を使用できる (Ex2)。

Ex1. ‘Tests <u>have been made</u> and are in progress in order to define physical parameters of compost.’
Ex 2. ‘Most past studies on this phenomenon <u>have been conducted</u> on pool boiling.’

このように現在完了受動態は過去の実験、研究、行為、出来事、などの受け身が現在も生き続けて、現在も何らかの効果をもたらしている時にも使用することが出来る。

4.4 現在完了（The present perfect tense）

現在完了形は同じ文脈の中では一度使用した後ですぐに使用することは出来ない。以下の例文で説明する。

Ex. ‘Blitz et. al. have determined the oxygen dissociation pressure of U3O8 by dosimetery. They reported that the limiting composition was UO2.61 at 1,160°C’

書き手はここでまず Blitz et. al. の研究を現在完了で書いたが、次の文では現在完了は使用せずに単純過去を使用している。この例文のように最初の文で、書き手は現在完了を導入しているために次に続く文では過去の特定の時に言及する場合、現在完了形は使用できずに単純過去で説明することが必要となる。

現在完了形を使用することでもうひとつの重要な点は、現在完了形は単純過去形よりも記述を鮮明にすることが可能である。以下にその例文を見てみよう。

‘Section 2.3 outlined the experimental technique adopted in the present work. The present work has thrown light on the mechanism of heterogeneity in the FCA’ (Yoshida, ibid: 43)

書き手は、最初の文で単に実験の技術を単純過去形で述べていて、次の文では現在完了形を使用してその実験の技術の有用性を想像させるような現実性 (reality) を含めた何らかの賞賛も持たせていることが感じられる。このように、現在完了形を使用することでこの研究や実験が現在に対してもまだ生き続けていて、何らかの効果を現在に対しても与えていてより現実的な効果を持たせることが出来る。

4.5 進行形（Progressive form）

進行形は、進行中の技術報告書、手紙、導入などにおいて使用されている。しかし、留意すべき点は動的動詞 (action verb) のみが進行形となりうるのに対して、静的動詞 (static verb) は進行形にはなりえないことである。

しかし、静的動詞は進行形になりえないが、以下の二番目の例文においては進行形でも文法的に受け入れられる。これは consisting が reactor を修飾している名詞句であるからである。

(a) *‘The reactor is consisting of two regions’ (Ungrammatical)*

(b) *‘This is the reactor consisting of two regions’ (Grammatical)*

4.6 未来形（Future tense (will)

未来形は、基本的に意志、希望、決心、同意、などを表すが、書かれた記述においては、他の意味合いを持つ場合もある。それらは、以下のように要約できる。

(Volition：意志)

‘These findings will suffice to permit more precise estimation of the cross sections’

(Yoshida, ibid: 45)

‘The door will not open’. ‘The engine will not start’ (Esaki & Higuchi, ibid : 16)

(Habit：習慣)

(a) *‘This solid will vaporize when we heat it’.*

(b) *‘Good lubrication will reduce the friction.’*

(c) *‘A magnet will point north and south when it moves free.’* (Yoshida, ibid: 45)

(Assumption：仮定)

‘The future will bring great advances in the mechanical devices used with computer systems.’

(Ability：能力)

以下の例文のように、無生物のものに対して will は能力を示す場合がある。

(a) *‘The hall will seat five hundred.’*

(b) *‘The flight to Osaka used to take two hours, but by the new route it will be forty-five minutes’*

(Esaki & Higuchi, ibid)

上記の例のように、will は単なる単純未来を示すだけではなく、意志、習慣、仮定、そして能力と、文によっては四つの異なる意味合いを持つことがある。

5. パラグラフの展開（Paragraph development）

EST の代表的なパラグラフ展開パターンは、（1）比較・対照、（2）分類法、（3）定義法、などのパターンが比較的多い。従って、こうした典型的パラグラフの展開パターンを言語的特徴と共に読解に入る前に指導しておくことも読解力を早めることにつながる。代表的なパラグラフの展開パターンにおいて頻繁に使用される語句はそれぞれ以下のように各展開のパター

ンにおいて示すことが出来る。

Comparison and contrast：比較・対照法 *(similar, both, comparable, although, whereas, on the other hand, unlike, however, in comparison to, be different from, etc.)*

Classification：分類法 *(types, characteristics, factors, classes, kinds, subset, division, categories, significant, major, method, etc.)*

Definition：定義法 *(kind, form, species, category, device, characteristics, aspect, method, clarify, explain, define, paraphrase, attribute, etc.)*

このように各展開のパターンにおいて示された斜字体で書かれた語句がそれら個々の展開のパターンにおいて使用される代表的なものであり、EST の英文を書く際にも積極的にこうした語句を使用することで書かれた内容に論理性を持たせることが可能となる。EST の書き手は、こうした代表的な展開のパターンを使用するわけであるが、さらに書き手が意識しておくべきことは意味を論理的につなげるための連結語句である。それらは、主に７種類の連結語句 (connectors to connect ideas) として以下のように要約できる。

6. 連結語句 (Connectors to connect ideas)

1. Additional information *(and, in addition, also, etc.*)
2. Restatement (*in other words, that is, in short, etc.*)
3. Listing (*first, second, finally, then, next, etc.*)
4. Contrasting information (*however, but, although, on the other hand, in contrast, etc.*)
5. Examples (*for example, for instance, such as, include/including, etc.*)
6. Causes (*due to, because (of), etc.*)
7. Consequences (*as a result, so, therefore, consequently, etc.*)

英文と英文とを論理的に連結させるためには、上記のような７種類の連結語句の種類においてそれぞれの種類に属する斜字体で書かれた連結語句を意識的に使用できるところで使用することが EST の書き手においては、一般英語の書き手と同様に求められるところであろう。EST の書き手の場合、特に正確さを求められるために、上記のような連結語句は EST の実際のテクスト（文章）においても、使用される頻度が高いのが現状である。

7. 結論と課題

EST の読解は、一般英語とは異なり、ボトムアップの言語的な構成要素には十分留意することが必要である。例えば言語の使用域（レジスター）だけでは単に言語使用の表層的な理解に終始するだけで、正しい読解には結びつかない。

EST の場合は、さらに一般英語との時制の使い方も区別して理解しておくことが必要である。スキーマ理論のボトムアッププロセスの言語的要素は、EST の時制の扱い方が、一般英語とどのように異なるのか、さらに EST における代表的なパラグラフの展開にはどのようなものが考えられるのか、そしてそのような修辞パターンにはどのような言語的な特徴が見られるのか、などもあらかじめ理解しておくことが肝要である。

こうした EST 読解のボトムアッププロセスに属する言語的な諸特徴をあらかじめ理解しておくことで、読解のトップダウンプロセスの予測力 (expectancy) も高まることが考えられる。そして、EST の代表的なパラグフの展開の際における言語的な諸特徴も EST 読解の前に、あらかじめ理解しておくことが EST の読解を早めて、さらにその理解も高めることができると考えている。

EST においては、3Cs と言われている簡潔性 (Conciseness)、具体性 (Concreteness)、明晰性 (Clearness) が重要な三大要素として考えられている。そして、EST の読解においては、いかにして正確に情報を読み取るかが大切である。その意味では、読解のトップダウンプロセスに過度に依存しすぎるのではなく、むしろ、読解のボトムアッププロセスの言語的要素をあらかじめ理解しておくことが EST 読解の鍵を握っていると本研究は考えている。一般英語とは異なり、EST 読解の場合は、ボトムアッププロセスの言語的要素をあらかじめ指導しおくことが EST 読解のみならず、次のステップの EST の Writing へも繋がっていくものと考えている。

今後の課題として取り組まねばならないことは、EST の様々なジャンルのテクスト分析を行うことによって、本稿で述べてきた時制の区別、パラグラフの展開などが他の様々な EST のジャンルにおいても認められるのかどうか、EST 全般において、一般化が可能かどうかを多くの関連資料、論文などを基にして検証していくことが求められる。さらに、EST のテクスト分析を ICT の導入によって、例えば Word Smith, Eva Text Analysis などを導入することで EST のテクストの持つさらなる言語的な特徴が見えてくるのではなかろうか。こうしたテクスト分析のさらなるソフトの開発が求められている。

参考文献

Anderson, R.C. and P. D. Pearson. (1984). “A schema-theoretic view of basic processes in reading comprehension.”in P.D. Pearson et.al. (eds.) *Handbook of Reading Research*. New York: Longman.

Esaki, S. and Higuchi, A. (1995). *Getting a Handle on Engineering English*. Tokyo: Kenkyusha Publishing.

Huckin, T. and Olsen, L. (1983). *English for Science and Technology: a Handbook for Non-native Speakers*. New York: MacGraw-Hill

Hutchingson, T. and Waters, A. (1987). *English for Specific Purposes*. Cambridge: CUP.

Muntoni, et.al. (1996). *Alternative Utilization of MSW Compost in Landfills*. A paper read at International Landfill Seminar of

Waste. Kagoshima National College of Technology.

Rumelhart, D.E. (1980). “Schemata: the building blocks of cognition, in R.J. Spiro, B.C. Bruce, and W.F. Brewer (eds.) *Theoretical Issues in Reading Comprehension,* Hilsdale, N.J.: Erlbaum.

Swales, J.M. (1990). *Genre Analysis.* Cambridge: CUP

Trimble, L. (1985). *English for Science and Technology: A Discourse Approach.* Cambridge: CUP.

安東昭一　他 . (1991). *英語教育現代キーワード事典* . 東京：増進堂